

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60811-1-3**

**Edition 2.1**

2001-07

Edition 2:1993 consolidée par l'amendement 1:2001  
Edition 2:1993 consolidated with amendment 1:2001

**Méthodes d'essais communes pour matériaux  
d'isolation et de gainage des câbles électriques  
et optiques –**

**Partie 1-3:  
Application générale –  
Méthodes de détermination de la masse  
volumique – Essais d'absorption d'eau –  
Essai de rétraction**

**Common test methods for insulating and  
sheathing materials of electric and optical cables –**

**Part 1-3:  
General application –  
Methods for determining the density –  
Water absorption tests – Shrinkage test**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60811-1-3:1993+A1:2001

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/catlg-f.htm](http://www.iec.ch/catlg-f.htm)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.htm)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/catlg-e.htm](http://www.iec.ch/catlg-e.htm)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.htm)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60811-1-3**

**Edition 2.1**

2001-07

Edition 2:1993 consolidée par l'amendement 1:2001  
Edition 2:1993 consolidated with amendment 1:2001

**Méthodes d'essais communes pour matériaux  
d'isolation et de gainage des câbles électriques  
et optiques –**

**Partie 1-3:  
Application générale –  
Méthodes de détermination de la masse  
volumique – Essais d'absorption d'eau –  
Essai de rétraction**

**Common test methods for insulating and  
sheathing materials of electric and optical cables –**

**Part 1-3:  
General application –  
Methods for determining the density –  
Water absorption tests – Shrinkage test**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**CD**

Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
1 Domaine d'application .....	6
1.1 Référence normative .....	6
2 Valeurs prescrites pour les essais .....	6
3 Application .....	6
4 Essais de type et autres essais .....	6
5 Préconditionnement .....	8
6 Température d'essai .....	8
7 Valeur médiane .....	8
8 Méthodes de détermination de la masse volumique .....	8
8.1 Méthodes de suspension (méthode générale) .....	8
8.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence) .....	10
8.3 Méthode de masse apparente .....	10
8.4 Correction pour le polyéthylène (PE) chargé .....	12
9 Essais d'absorption d'eau .....	14
9.1 Méthode électrique .....	14
9.2 Méthode pondérale pour l'absorption d'eau .....	16
10 Essai de rétraction de l'enveloppe isolante .....	18
10.1 Echantillonnage .....	18
10.2 Préparation des éprouvettes .....	20
10.3 Mode opératoire .....	20
10.4 Expression des résultats .....	20
11 Essai de rétraction des gaines PE .....	20
11.1 Equipement d'essai .....	20
11.2 Echantillonnage .....	20
11.3 Préparation des éprouvettes .....	20
11.4 Mode opératoire .....	20
11.5 Expression des résultats .....	22

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
1.1 Normative reference.....	7
2 Test values.....	7
3 Applicability.....	7
4 Type tests and other tests .....	7
5 Pre-conditioning .....	9
6 Test temperature .....	9
7 Median value.....	9
8 Methods for determining the density.....	9
8.1 Suspension method (general method) .....	9
8.2 Pycnometer method (reference method).....	11
8.3 Apparent mass method.....	11
8.4 Correction for filled polyethylene (PE) .....	13
9 Water absorption tests.....	15
9.1 Electrical test .....	15
9.2 Gravimetric water absorption test.....	17
10 Shrinkage test for insulation.....	19
10.1 Sampling .....	19
10.2 Preparation of test pieces.....	21
10.3 Procedure .....	21
10.4 Expression of results.....	21
11 Shrinkage test for PE sheaths.....	21
11.1 Test equipment .....	21
11.2 Sampling.....	21
11.3 Preparation of test pieces.....	21
11.4 Test procedure .....	21
11.5 Expression of results.....	23

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE D'ESSAIS COMMUNES POUR MATÉRIAUX D'ISOLATION  
ET DE GAINAGE DES CÂBLES ÉLECTRIQUES ET OPTIQUES –****Partie 1-3: Application générale –  
Méthodes de détermination de la masse volumique –  
Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction**

## AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60811-1-3 a été établie par le sous-comité 20A: Câbles de haute tension, du comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

La présente version consolidée de la CEI 60811-1-3 comprend la deuxième édition (1993) [documents 20A(BC)152/FDIS et 20A(BC)162/RVD], et son amendement 1 (2001) [documents 20A/462/FDIS et 20A/470/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMMON TEST METHODS FOR INSULATING AND SHEATHING  
MATERIALS OF ELECTRIC AND OPTICAL CABLES –****Part 1-3: General application –  
Methods for determining the density –  
Water absorption tests – Shrinkage test**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60811-1-3 has been prepared by sub-committee 20A: High-voltage cables, of IEC technical committee 20: Electric cables.

This consolidated version of IEC 60811-1-3 consists of the second edition (1993) [documents 20A(CO)152/FDIS and 20A(CO)162418/RVD], and its amendment 1 (2001) [documents 20A/462/FDIS and 20A/470/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

# MÉTHODE D'ESSAIS COMMUNES POUR MATÉRIAUX D'ISOLATION ET DE GAINAGE DES CÂBLES ÉLECTRIQUES ET OPTIQUES –

## Partie 1-3: Application générale – Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction

### 1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 60811-1 précise les méthodes d'essais à employer pour l'essai des matériaux polymères d'isolation et de gainage des câbles électriques pour la distribution d'énergie et les télécommunications, y compris les câbles utilisés à bord des navires, et pour les applications offshore.

Cette section trois de la partie 1 donne les méthodes de détermination de la masse volumique et les méthodes pour les essais d'absorption d'eau et pour l'essai de rétraction, qui s'appliquent aux types les plus courants de mélanges des isolants et des gaines (élastomères, PVC, PE, PP, etc.).

#### 1.1 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constitue des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60811. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60811 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 1183:1987, *Plastiques – Méthodes pour déterminer la masse volumique et la densité relative des plastiques non alvéolaires*

### 2 Valeurs prescrites pour les essais

Les prescriptions complètes des essais (conditions d'essais, telles que température, durées, etc.) et les résultats à obtenir ne figurent pas dans cette norme. Ils figurent, en principe, dans les normes particulières à chaque type de câble.

Toutes les valeurs prescrites pour les essais dans cette norme peuvent être modifiées par la norme du câble correspondant afin de répondre aux exigences particulières de celui-ci.

### 3 Application

Les valeurs de conditionnement et paramètres d'essais qui sont indiqués correspondent aux mélanges d'isolation et de gainage ainsi qu'aux fils et câbles, rigides et souples, des types les plus courants.

### 4 Essais de type et autres essais

Cette norme décrit essentiellement des méthodes relatives aux essais de type. Pour certains essais, des différences importantes existent entre les conditions dans lesquelles sont conduits les essais de type et les essais plus répétitifs, comme les essais individuels; ces différences sont alors précisées.



## COMMON TEST METHODS FOR INSULATING AND SHEATHING MATERIALS OF ELECTRIC AND OPTICAL CABLES –

### Part 1-3: General application – Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test

#### 1 Scope

This section of IEC 60811-1 specifies the test methods to be used for testing polymeric insulating and sheathing materials of electric cables for power distribution and telecommunications including cables used on ships and in offshore applications.

This section three of part 1 gives the methods for determining the density, water absorption tests and shrinkage test which apply to the most common types of insulating and sheathing compounds (elastomeric, PVC, PE, PP, etc.).

##### 1.1 Normative reference

The following normative document contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60811. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60811 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 1183:1987, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics*

#### 2 Test values

Full test conditions (such as temperatures, durations, etc.) and full test requirements are not specified in this standard; it is intended that they should be specified by the standard dealing with the relevant type of cable.

Any test requirements which are given in this standard may be modified by the relevant cable standard to suit the needs of a particular type of cable.

#### 3 Applicability

Conditioning values and testing parameters are specified for the most common types of insulating and sheathing compounds and of cables, wires and cords.

#### 4 Type tests and other tests

The test methods described in this standard are intended, in the first instance, to be used for type tests. In certain tests, where there are essential differences between the conditions for type tests and those for more frequent tests, such as routine tests, these differences are indicated.

## 5 Préconditionnement

Tous les essais doivent être exécutés plus de 16 h après l'extrusion ou la vulcanisation (ou la réticulation), s'il y a lieu, des mélanges d'isolation ou de gainage.

Si l'essai est effectué à la température ambiante, les éprouvettes doivent être conservées pendant au moins 3 h à une température de  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

## 6 Température d'essai

Les essais doivent être effectués à la température ambiante, sauf spécification contraire.

## 7 Valeur médiane

Plusieurs résultats d'essais étant obtenus et classés par valeurs croissantes ou décroissantes, la valeur médiane est la valeur du milieu de la série si le nombre de valeurs disponibles est impair, et la moyenne arithmétique des deux valeurs centrales dans la série si le nombre est pair.

## 8 Méthodes de détermination de la masse volumique

### 8.1 Méthodes de suspension (méthode générale)

#### 8.1.1 Solutions et matériel d'essai

- 1) Ethanol (alcool éthylique) pour analyse ou autre liquide approprié pour les masses volumiques inférieures à 1 g/ml.
- 2) Solution de chlorure de zinc pour les masses volumiques égales ou supérieures à 1 g/ml.
- 3) Eau distillée ou désionisée.
- 4) Cylindre mélangeur.
- 5) Enceinte thermostatée.
- 6) Aréomètre gradué, étalonné à  $(23,0 \pm 0,1) ^\circ\text{C}$ .
- 7) Thermomètre gradué en dixièmes de degré Celsius.

#### 8.1.2 Mode opératoire

**8.1.2.1** On prélève un échantillon sur l'enveloppe isolante ou la gaine à essayer en le coupant perpendiculairement à l'axe du conducteur, et on le découpe en morceaux de 1 mm à 2 mm de longueur d'arête. On détermine la masse volumique en mettant l'échantillon en suspension dans un liquide ne réagissant pas sur la matière à examiner.

Les mélanges liquides appropriés sont:

- pour une masse volumique présumée inférieure à 1 g/ml, un mélange d'éthanol et d'eau;
- pour une masse volumique égale ou supérieure à 1 g/ml, un mélange de chlorure de zinc et d'eau.

**8.1.2.2** On introduit trois parcelles de l'échantillon dans le liquide à une température de  $(23,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$  en évitant toute formation de bulles d'air. On mélange le liquide avec de l'eau distillée jusqu'à ce que les parcelles soient en suspension dans le cylindre mélangeur. Le mélange de liquide doit être homogène et maintenu à la température indiquée.

On détermine à l'aide d'un aréomètre gradué la masse volumique du mélange de liquide et on l'indique à la troisième décimale. Cette masse est égale à la masse volumique des éprouvettes à mesurer.

NOTE La méthode du gradient spécifiée dans l'ISO 1183 peut également être utilisée.

## 5 Pre-conditioning

All the tests shall be carried out not less than 16 h after the extrusion or vulcanization (or cross-linking), if any, of the insulating or sheathing compounds.

If the test is carried out at ambient temperature, the test pieces shall be kept for at least 3 h at a temperature of  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

## 6 Test temperature

Unless otherwise specified, tests shall be carried out at ambient temperature.

## 7 Median value

When several test results have been obtained and ordered in an increasing or decreasing succession, the median value is the middle value if the number of available values is odd, and is the mean of the two middle values if the number is even.

## 8 Methods for determining the density

### 8.1 Suspension method (general method)

#### 8.1.1 Testing materials and equipment

- 1) Ethanol (ethyl-alcohol) of analytical grade or another suitable liquid for densities below 1 g/ml.
- 2) Zinc chloride solution for densities equal to or greater than 1 g/ml.
- 3) Distilled or deionized water.
- 4) Mixing cylinder.
- 5) Thermostat.
- 6) Hydrometer calibrated at  $(23,0 \pm 0,1) ^\circ\text{C}$ .
- 7) Thermometer graduated in tenths of a degree Celsius.

#### 8.1.2 Procedure

**8.1.2.1** From the insulation or the sheath to be tested, a sample shall be taken perpendicularly to the conductor axis and cut into small pieces of 1 mm to 2 mm edge length. The density shall be determined by putting the sample in suspension in a liquid which does not react with the material to be tested.

The following liquids are suitable:

- for a density expected to be lower than 1 g/ml, a mixture of ethanol and water;
- for a density of 1 g/ml and higher, a mixture of zinc chloride and water.

**8.1.2.2** Three pieces of the sample shall be placed in the liquid at a temperature of  $(23,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ , avoiding any formation of air bubbles. Distilled water shall be added to the liquid until the pieces are freely suspended within the liquid in the mixing cylinder. The liquid mixture shall be homogeneous and maintained at the indicated temperature.

The density of the liquid mixture shall be determined by means of the hydrometer and indicated to three decimal places; the determined density is the same as that of the samples under test.

NOTE The gradient method specified in ISO 1183 may also be used.

## 8.2 Méthode du pycnomètre (méthode de référence)

### 8.2.1 Appareillage

Le matériel d'essai nécessaire pour cette méthode comprend:

- une balance avec une précision de 0,1 mg;
- un pycnomètre de 50 ml de capacité;
- un bain liquide avec un contrôle thermostatique;
- un liquide d'immersion (alcool éthylique à 96 %).

### 8.2.2 Epreuve

L'éprouvette doit être prélevée sur l'enveloppe isolante nue ou sur la gaine nue. La masse d'éprouvette ne doit pas être inférieure à 1 g, ni supérieure à 5 g. L'éprouvette est obtenue par découpage de l'échantillon d'enveloppe isolante ou de gaine en un certain nombre de petits morceaux; les petits tubes d'enveloppe isolante et de gaine doivent être coupés dans le sens longitudinal en deux ou plusieurs parties pour éviter l'inclusion de bulles d'air.

### 8.2.3 Conditionnement

L'éprouvette doit être à la même température ambiante de  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

### 8.2.4 Mode opératoire

On pèse le pycnomètre vide et sec, puis une quantité appropriée d'éprouvette dans le pycnomètre. On recouvre l'éprouvette du liquide d'immersion (alcool à 96 %) et on évacue tout l'air de l'éprouvette, par exemple en faisant le vide dans le pycnomètre placé dans un dessiccateur. On supprime le vide (s'il a été fait) et on remplit le pycnomètre du liquide d'immersion. On le porte à une température de  $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$  dans un bain, puis on termine le remplissage exactement à la pleine capacité du pycnomètre. On essuie et on pèse le pycnomètre avec son contenu. On le vide et on le remplit du liquide d'immersion, on évacue l'air et on détermine de nouveau le poids du contenu et du pycnomètre à une température de  $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ .

### 8.2.5 Calcul

On calcule la masse volumique de l'enveloppe isolante et de la gaine par la formule suivante:

$$\text{masse volumique à } 23 ^\circ\text{C} = \frac{m}{m_1 - m_2} \times d$$

où

$m$  est la masse de l'éprouvette, en grammes;

$m_1$  est la masse du liquide nécessaire pour remplir le pycnomètre, en grammes;

$m_2$  est la masse du liquide nécessaire pour remplir le pycnomètre lorsqu'il contient l'éprouvette, en grammes;

$d$  est la masse volumique de l'alcool éthylique à 96 %, à  $23 ^\circ\text{C}$  et est égale à 0,7988 g/ml.

## 8.3 Méthode de masse apparente

### 8.3.1 Matériel d'essai

Le matériel d'essai nécessaire pour cette méthode comprend:

- une balance analytique d'une précision de 0,1 mg appropriée pour peser un échantillon suspendu;
- un bain liquide;
- un liquide d'immersion: de l'eau désionisée (ou distillée) ou de l'alcool éthylique (96 %).

## 8.2 Pycnometer method (reference method)

### 8.2.1 Testing equipment

The testing equipment for this method consists of:

- a balance with a precision of 0,1 mg;
- a pycnometer of 50 ml capacity;
- a liquid bath provided with a thermostatic control.
- immersion liquid (ethyl alcohol, 96 %).

### 8.2.2 Test piece

The test piece shall be taken from the bare insulation or sheath. The mass of the test piece shall be not less than 1 g and not greater than 5 g. The test piece shall be made by cutting the sample of insulation or sheath into a number of small pieces; small tubes of insulation and sheath shall be cut longitudinally into two or more parts to prevent the enclosure of air bubbles.

### 8.2.3 Conditioning

The test pieces shall be at an ambient temperature of  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

### 8.2.4 Procedure

After weighing the pycnometer empty and dry, a suitable quantity of the test piece shall be weighed in the pycnometer. The test piece shall be covered with the immersion liquid (alcohol, 96 %) and all air removed from the test piece by, for example, applying a vacuum to the pycnometer standing in a desiccator. Any vacuum applied shall be broken and the pycnometer filled with immersion liquid which shall be brought to a temperature of  $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$  in a liquid bath, the pycnometer being filled to the limits of its capacity. The pycnometer shall be wiped dry and weighed with its contents, after which it shall be emptied and filled with immersion liquid. Air shall be removed and the weight of the pycnometer and its contents determined at a temperature of  $(23 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ .

### 8.2.5 Calculation

The density of the insulation and sheath shall be calculated as follows:

$$\text{density at } 23 ^\circ\text{C} = \frac{m}{m_1 - m_2} \times d$$

where

$m$  is the mass of test piece, in grams;

$m_1$  is the mass of liquid required to fill the pycnometer, in grams;

$m_2$  is the mass of liquid required to fill the pycnometer, when containing the test piece, in grams;

$d$  is the density of ethyl alcohol, 96 %, at  $23 ^\circ\text{C}$  and is equal to 0,7988 g/ml.

## 8.3 Apparent mass method

### 8.3.1 Testing equipment

The testing equipment for this method consists of:

- an analytical balance with a precision of 0,1 mg suitable to weigh a suspended sample;
- a liquid bath;
- immersion liquid: deionized (or distilled) water or ethyl alcohol (96 %).

### 8.3.2 Epreuve

L'éprouvette doit être prélevée sur l'enveloppe isolante nue ou sur la gaine nue. La masse de l'éprouvette ne doit pas être inférieure à 1 g ni supérieure à 5 g. L'éprouvette est obtenue par découpe de l'échantillon d'enveloppe isolante ou de gaine en un ou plusieurs petits morceaux; les petits tubes d'enveloppe isolante et de gaine doivent être coupés dans le sens longitudinal en deux ou plusieurs parties pour éviter l'inclusion de bulles d'air.

### 8.3.3 Conditionnement

L'éprouvette doit être à une température ambiante de  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

### 8.3.4 Mode opératoire

L'éprouvette doit d'abord être pesée dans l'air. Elle doit ensuite être fixée à un crochet approprié et le crochet, avec l'éprouvette, doivent être suspendus dans la balance. Puis l'éprouvette est immergée dans de l'eau distillée ou désionisée (ou de l'alcool éthylique 96 %, si l'on s'attend à ce que la masse volumique soit inférieure à 1 g/ml) à  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  et sa masse apparente est déterminée. Il faut faire attention à ce que l'éprouvette soit totalement recouverte par le liquide et que la surface ne présente pas de bulles d'air avant que la masse apparente ne soit enregistrée. Il peut être nécessaire d'ajouter une faible quantité d'un agent tensioactif pour assurer l'élimination de toutes les bulles.

La masse enregistrée doit être corrigée en raison de la masse apparente du crochet seul dans le liquide d'immersion.

### 8.3.5 Calcul

La masse volumique, en grammes par millilitre, de l'enveloppe isolante et de la gaine peut être calculée comme suit:

$$\text{masse volumique à } 23 ^\circ\text{C} = \frac{m}{m - m_a}$$

où

$m$  est la masse de l'éprouvette dans l'air, (en grammes);

$m_a$  est la masse apparente de l'éprouvette dans l'eau, (en grammes).

NOTE Lorsque le liquide d'immersion est de l'eau, la densité est présumée être de 1,0 g/ml. Si l'on utilise de l'alcool éthylique 96 %, la valeur de  $m_a$  est corrigée pour la masse volumique de l'alcool (0,7988 g/ml à  $23 ^\circ\text{C}$ ).

## 8.4 Correction pour le polyéthylène (PE) chargé

Les antioxydants et les pigments colorés organiques qui sont habituellement utilisés en faibles quantités peuvent être négligés. Cependant, lorsque d'autres additifs, tels que des charges minérales, sont utilisés en quantité importante, une correction appropriée doit être apportée. Cela se fait en déterminant la nature et la quantité de l'additif par toute méthode chimique appropriée, puis en utilisant la formule:

$$\delta = \frac{m \times \delta c \times \delta F}{m_c \times \delta F - m_F \times \delta c}$$

où

$\delta$  est la masse volumique du PE (valeur corrigée), en  $\text{g/cm}^3$ ;

$\delta c$  est la masse volumique mesurée du mélange PE, en  $\text{g/cm}^3$ ;

$\delta F$  est la masse volumique de l'additif ou de la charge (valeur mesurée), en  $\text{g/cm}^3$ ;

$m$  est la masse de PE polymère (différence entre  $m_c$  et  $m_F$ ), en grammes;

$m_c$  est la masse du mélange PE (valeur mesurée), en grammes;

$m_F$  est la masse de la charge (valeur mesurée), en grammes.

### 8.3.2 Test piece

The test piece shall be taken from the bare insulation or sheath. The mass of the test piece shall be not less than 1 g and not greater than 5 g. The test piece shall be made by cutting the sample of insulation or sheath into one or more small pieces; small tubes of insulation and sheath shall be cut longitudinally into two or more parts to prevent the enclosure of air bubbles.

### 8.3.3 Conditioning

The test piece shall be at an ambient temperature of  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

### 8.3.4 Procedure

The test piece shall first be weighed in air. The test piece shall then be fixed to a suitable hook and the hook with the test piece hung up in the balance. Subsequently the test piece shall be immersed in distilled or deionized water (or ethyl alcohol, 96 % if the density is expected to be lower than 1 g/ml) at  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  and its apparent mass determined. Care shall be taken that the test piece is fully covered by the liquid and that the surface is free of bubbles before the apparent mass is recorded. It may be necessary to add a small quantity of a surface active agent to ensure elimination of all bubbles.

The recorded mass shall be corrected for the apparent mass of the empty hook in the immersion liquid.

### 8.3.5 Calculation

The density in grams per millilitre of the insulation and sheath may be calculated as follows:

$$\text{density at } 23 ^\circ\text{C} = \frac{m}{m - m_a}$$

where

$m$  is the mass of the test piece in air; (in grams)

$m_a$  is the apparent mass of the test piece in water; (in grams).

NOTE Where the immersion liquid is water the density is assumed to be 1,0 g/ml. If ethyl alcohol, 96 %, is used, the value of  $m_a$  should be corrected for the density of the alcohol (0,7988 g/ml at  $23 ^\circ\text{C}$ ).

## 8.4 Correction for filled polyethylene (PE)

Antioxidants and organic coloured pigments which are normally used in negligible quantities may be neglected. However, where other additives such as mineral fillers are used in considerable quantities an appropriate correction shall be made. This shall be done by determining the nature and quantity of the additive by reputable chemical means using the formula:

$$\delta = \frac{m \times \delta c \times \delta F}{m_c \times \delta F - m_F \times \delta c}$$

where

$\delta$  is the density of the PE (corrected value), in  $\text{g/cm}^3$ ;

$\delta c$  is the measured density of PE compound, in  $\text{g/cm}^3$ ;

$\delta F$  is the density of additive or filler (measured value), in  $\text{g/cm}^3$ ;

$m$  is the mass of PE polymer (difference of  $m_c$  and  $m_F$ ), in grams;

$m_c$  is the mass of PE compound (measured value), in grams;

$m_F$  is the mass of filler (measured value), in grams;



Pour les mélanges contenant du noir de carbone, la correction est faite à l'aide de la formule simplifiée:

$$\delta = \delta_c - 0,0045 \times c_B$$

où

$c_B$  est la valeur numérique du pourcentage de noir de carbone.

## 9 Essais d'absorption d'eau

### 9.1 Méthode électrique

#### 9.1.1 Appareillage d'essai

- 1) Sources électriques en courant continu et en courant alternatif.
- 2) Voltmètre.
- 3) Bac à eau avec un dispositif de chauffage.

#### 9.1.2 Préparation de l'éprouvette

Les conducteurs à essayer sont prélevés à partir d'un échantillon de câble d'environ 3 m de long: on prendra toutes les précautions nécessaires pour ne pas endommager l'isolant.

#### 9.1.3 Méthode d'essai

##### a) Essai préliminaire

Les conducteurs sont immergés dans le bac à eau, dans lequel l'eau a été chauffée à la température spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré.

On laisse les extrémités de chaque conducteur émerger suffisamment au-dessus du niveau de l'eau pour éviter tout dommage dû au courant de fuite le long du conducteur, lorsqu'on applique la tension prescrite entre l'âme conductrice et l'eau.

Après une immersion de 1 h, on applique, pendant 5 min, une tension alternative de 4 kV entre les âmes conductrices et l'eau. Si un échantillon de conducteur claque, il est enlevé et ne peut être utilisé pour l'essai spécifié au point b) ci-dessous. On ne répète pas l'essai plus de deux fois cependant, en prenant un autre échantillon prélevé sur le même conducteur, qui doit être soumis au même essai préliminaire.

L'objet de cet essai préliminaire est de s'assurer qu'aucun conducteur endommagé n'est utilisé pour l'essai principal.

##### b) Essai principal

Les échantillons qui ont satisfait à l'essai préliminaire sont laissés dans le bac à eau, toujours maintenu à la température spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré.

On applique une tension continue dont la valeur est spécifiée dans le tableau ci-dessous, entre les âmes conductrices et l'eau pendant la durée spécifiée dans la norme particulière au type de câble considéré, le pôle négatif étant relié à l'âme de chaque éprouvette.

Épaisseur $e$ de l'isolant spécifiée Valeur moyenne mm	Tension continue V
0,8 et 0,9	800
1,0 et 1,2	1 000
1,2 < $e$ ≤ 1,6	1 400
1,6 < $e$ ≤ 2,0	2 000
2,0 < $e$	2 500



For compounds containing carbon black the correction is made by means of the following simplified formula:

$$\delta = \delta_c - 0,0045 \times c_B$$

where

$c_B$  is the numerical value of the percentage of carbon black.

## 9 Water absorption tests

### 9.1 Electrical test

#### 9.1.1 Test equipment

- 1) AC and d.c. voltage sources.
- 2) Voltmeter.
- 3) Water bath with heating equipment.

#### 9.1.2 Preparation of test pieces

The cores to be tested shall be removed from a sample of cable approximately 3 m long. Care shall be taken to avoid damage to the insulation during removal of the cores.

#### 9.1.3 Test procedure

##### a) Pre-test

The cores shall be immersed in a water bath in which the water has been heated to the temperature specified in the standard for the type of cable.

The ends of the cores shall protrude sufficiently above the water level to prevent damage due to leakage current along the surface of the cores when the required voltage is applied between the conductors and the water.

After the cores have been immersed in the water for 1 h, an a.c. voltage of 4 kV shall be applied between the conductors and the water for 5 min. If any sample of core breaks down it shall be removed from the water bath and not used in the main test specified in Item b) below. However, the test shall be repeated not more than twice, by taking another sample of the same core, which shall be subjected to the same pre-test.

The object of the pre-test is to ensure that only undamaged cores are used for the main test.

##### b) Main test

Cores which are satisfactory on the pre-test shall remain in the water bath with the water still maintained at the temperature specified in the relevant standard.

A d.c. voltage in accordance with the table below shall be applied between the conductors and the water for the time specified in the standard for the type of cable, the negative pole being connected to the conductor of each test piece.

Thickness $t$ of insulation specified Mean value mm	DC voltage V
0,8 and 0,9	800
1,0 and 1,2	1 000
$1,2 < t \leq 1,6$	1 400
$1,6 < t \leq 2,0$	2 000
$2,0 < t$	2 500

#### 9.1.4 Evaluation des résultats

Aucun claquage ne doit intervenir.

### 9.2 Méthode pondérale pour l'absorption d'eau

#### 9.2.1 Préparation des éprouvettes

- a) Pour les câbles ayant des âmes de section nominale inférieure ou égale à 25 mm<sup>2</sup> et une tension nominale jusqu'à et y compris 0,6/1 kV:

Chaque éprouvette est constituée d'un morceau de conducteur de 300 mm de longueur environ.

- b) Pour tous les autres câbles:

Des tranches de 0,6 mm à 0,9 mm d'épaisseur sont obtenues par coupe ou par meulage de l'isolant. Les surfaces doivent être approximativement parallèles et lisses.

Des éprouvettes de 80 mm à 100 mm de long et de 4 mm à 5 mm de large sont ensuite découpées dans les tranches.

- c) Deux éprouvettes de chacun des conducteurs à essayer sont préparées.

#### 9.2.2 Mode opératoire

- a) Pour les éprouvettes conformes au point a) de 9.2.1:

Nettoyer la surface de l'éprouvette en la frottant avec un papier filtre imbibé d'eau.

Laisser sécher l'éprouvette à  $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$  jusqu'à ce que sa masse reste constante. On peut également la laisser sécher en la laissant pendant 24 h dans une enceinte chauffée à  $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$  et dans laquelle règne une pression au plus égale à 6,6 mbar. Refroidir l'échantillon dans un dessiccateur.

Peser l'éprouvette à 0,1 mg près. Soit M1 la masse mesurée en milligrammes.

Courber l'éprouvette autour d'un mandrin dont le diamètre est au moins de six à huit fois le diamètre de l'éprouvette, de façon à lui donner la forme d'un U dont on emmanche les extrémités de force dans des passages pratiqués dans le couvercle d'un récipient en verre approprié. Seules les deux éprouvettes du même conducteur devront être dans le récipient en verre.

Régler la position de l'éprouvette de façon que 250 mm de sa longueur soient immergés lorsque le récipient est plein d'eau jusqu'au bord et le couvercle en place.

Utiliser de l'eau distillée que l'on a fait bouillir au préalable, ou de l'eau désionisée.

Laisser séjourner l'éprouvette à la température et pendant la durée spécifiées dans la norme particulière. Si la durée n'est pas spécifiée, elle doit être de deux semaines pour les épaisseurs spécifiées jusqu'à 1,0 mm, trois semaines pour des épaisseurs comprises entre 1,1 mm et 1,5 mm, et quatre semaines pour des épaisseurs supérieures à 1,5 mm. Si la température n'est pas spécifiée, elle doit être égale à la température maximale de l'âme moins 5 °C mais sans dépasser 90 °C. Le niveau de l'eau doit être maintenu au ras de la surface interne du couvercle.

On laisse ensuite refroidir l'eau jusqu'à la température ambiante. On enlève l'éprouvette, on la secoue de façon à faire tomber les gouttes d'eau adhérentes, on l'éponge légèrement avec un papier filtre et on la pèse au milligramme près dans un temps compris entre 2 min et 3 min après sa sortie de l'eau. Soit M2 la nouvelle masse en milligrammes.

Finalement, on sèche l'éprouvette en procédant dans les mêmes conditions qu'avant immersion, c'est-à-dire en choisissant celle des deux méthodes prévues ci-dessus qui a été utilisée avant la première pesée. Soit M3 la masse finale en milligrammes.

#### 9.1.4 Evaluation of results

No breakdown shall occur.

### 9.2 Gravimetric water absorption test

#### 9.2.1 Preparation of test piece

- a) For cables with conductors of nominal cross-sectional area equal to or less than 25 mm<sup>2</sup> and rated voltage up to and including 0,6/1 kV:  
Each test piece shall be a piece of core approximately 300 mm in length.
- b) For all other cables:  
Slices of 0,6 mm to 0,9 mm thickness shall be ground or cut in the insulation with surfaces approximately parallel and free from roughness.  
Test pieces 80 mm to 100 mm long and 4 mm to 5 mm wide shall be punched out of the slices.
- c) Two test pieces shall be prepared from each core to be tested.

#### 9.2.2 Testing procedure

- a) For test pieces as in Item a) of 9.2.1:

Clean the surface of the test piece by rubbing with a filter paper moistened with water.

Allow the test piece to dry at  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  to constant weight. It may also be allowed to dry by placing it for 24 h in a low-pressure oven at not more than 6,6 mbar and  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Cool the sample in a desiccator.

Weigh the test piece to within 0,1 mg. Let M1 be the mass in milligrams.

Wind the test piece around a mandrel, whose diameter is at least six to eight times that of the test piece, so as to bend it to a U shape and force the ends through apertures bored in the cover of a suitable glass vessel. Only the two test pieces of the same core should be in the glass vessel.

Adjust the position of the test piece such that 250 mm of its length is immersed when the vessel is filled with water up to the edge of the fitted cover.

Use preboiled distilled or deionized water.

Allow the test piece to remain at the temperature and for the time specified in the product standard. If the time is not specified, it shall be two weeks for specified thicknesses up to 1,0 mm, three weeks for thicknesses between 1,1 mm and 1,5 mm, and four weeks for thicknesses above 1,5 mm. If the temperature is not specified, it shall be the maximum conductor temperature minus 5 °C, but not exceeding 90 °C. The water level shall be maintained up to the inside surface of the cover.

Now allow the water to cool to ambient temperature. Remove the test piece and shake off any drops of water adhering to it, wipe lightly with a filter paper and weigh to the nearest milligram within 2 min to 3 min of its being removed from the water. Let M2 be the new mass in milligrams.

Finally, dry out the test piece under the same conditions as were used before immersion, i.e. using whichever of the two alternative methods described above had been used before the first weighing. Let M3 be the final mass in milligrams.

b) Pour les éprouvettes conformes au point b) de 9.2.1:

Les éprouvettes, dont les surfaces ont été soigneusement nettoyées, sont chauffées à  $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$  sous vide (pression résiduelle voisine de 1 mbar) pendant 72 h. Des matériaux nettement différents ne doivent pas être traités en même temps dans l'étuve ou dans la cellule.

Après ce traitement, les éprouvettes sont refroidies pendant 1 h dans un dessiccateur et pesées à 0,1 mg près (masse M1).

Les éprouvettes sont ensuite immergées dans de l'eau permutée (ou distillée) à la température et durant le temps spécifiés dans la norme particulière du type de câble considéré. Si la température n'est pas spécifiée, elle doit être égale à la température maximale de l'âme moins 5 °C, mais sans dépasser 90 °C. Chaque éprouvette est complètement immergée dans un tube en verre qui comporte un condenseur, ou dans un cristalliseur muni d'un couvercle en verre.

Si un condenseur est utilisé, sa partie supérieure est couverte avec une feuille d'aluminium pour éviter toute contamination.

Après le temps prévu dans la norme particulière au type de câble considéré ou, à défaut, après 14 jours, les éprouvettes sont transportées et refroidies dans de l'eau permutée (ou distillée) à la température ambiante. Puis chaque éprouvette est sortie de l'eau, secouée pour enlever les gouttes d'eau, séchée avec un papier filtre spécial sans peluche et pesée à 0,1 mg près (masse M2). Finalement, l'éprouvette est traitée dans les mêmes conditions que celles utilisées avant immersion. Soit M3 la masse finale en milligrammes.

### 9.2.3 Expression des résultats

a) La variation de masse en milligrammes est calculée par application de l'une des formules suivantes:

1) si la masse finale M3 est inférieure à la masse M1:

$$(M2 - M3)/A$$

2) si la masse finale M3 est supérieure à la masse M1:

$$(M2 - M1)/A$$

où A est, pour les éprouvettes conformes au point a) de 9.2.1, la surface en centimètres carrés de la portion immergée de 250 mm de longueur de l'échantillon et, pour les éprouvettes conformes au point b) de 9.2.1, la surface totale de l'éprouvette immergée, en centimètres carrés.

b) La valeur moyenne de la variation de masse des deux éprouvettes est consignée comme étant la valeur pour le conducteur en essai.

## 10 Essai de rétraction de l'enveloppe isolante

### 10.1 Echantillonnage

Un échantillon d'environ 1,5 L mm de long de chaque conducteur à essayer est prélevé à au moins 0,5 m de l'extrémité du câble.

L est la longueur donnée dans les normes particulières.